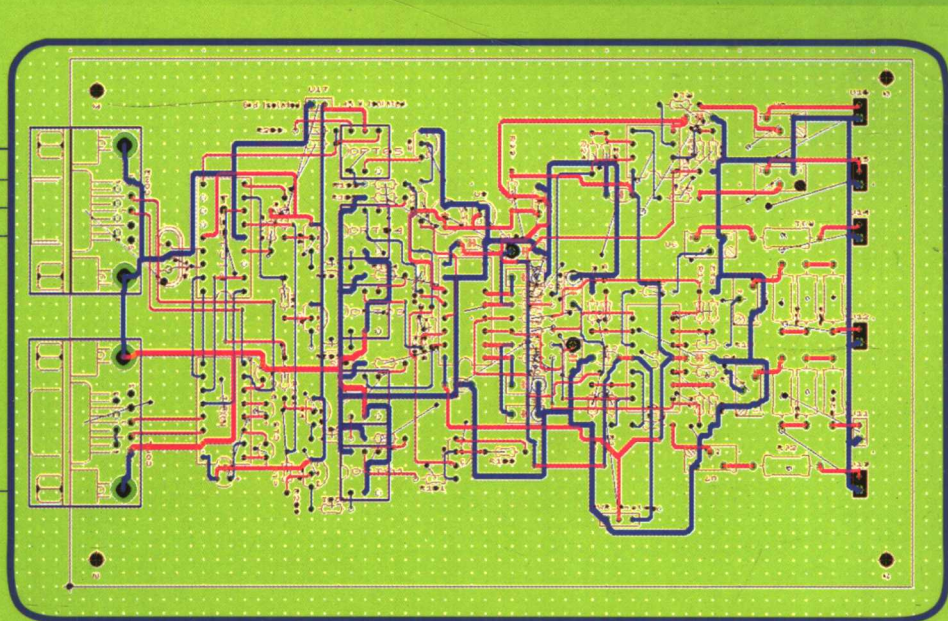


EDA工具应用丛书

Multisim 9

计算机仿真

在电子电路设计中的应用



聂典 主编 任清褒 黄培根 邱榕 雷军 副主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



EDA 工具应用丛书

Multisim 9 计算机仿真 在电子电路设计中的应用

聂 典 主编

任清褒 黄培根 邱 榕 雷 军 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书主要讲解最新的 EDA 设计软件 Multisim 9 的使用方法,包括功能概述、基本操作、元件库描述、仪器仪表的使用、基本分析方法等综合性内容,并具体讲解了 Multisim 9 在电路分析、模拟/数字电路、集成运放、电子电路设计、射频电路、电子测量、电源电路、单片机仿真、VHDL 仿真、Verilog HDL 仿真中的应用,此外还讲解了 CommSIM 仿真软件和 Ultiboard 9 的使用方法。

本书适合通信工程、电子信息、自动化、电气控制等专业的学生学习和进行综合性的设计、试验,同时也适用于从事电子相关行业的人员。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

Multisim 9 计算机仿真在电子电路设计中的应用/聂典主编. —北京:电子工业出版社, 2007.6

(EDA 工具应用丛书)

ISBN 978-7-121-04277-5

I. M... II. 聂... III. 电子电路—电路设计: 计算机辅助设计—应用软件, Multisim 9 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 059238 号

责任编辑: 窦 昊(douhao@phei.com.cn) 特约编辑: 王 崧

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 36.25 字数: 928 千字

印 次: 2007 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 59.00 元(含光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社的图书有缺损问题, 请向购买书店调换; 若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

前 言

本教材编写的目的不仅仅是让它成为一本计算机学习用书，还希望为所有学习电子电路和从事这方面工作的读者提供一条更加经济、高效的设计新途径和指导。它既适用于 Multisim 仿真软件的初学者，也适合具有一定的计算机仿真软件使用经验和想通过使用 Multisim 仿真软件进行电子电路设计的读者。

计算机仿真软件 Multisim 9 是美国国家仪器公司 (NI 公司) 推出的最新版本。在本教材完成之前，市面上已有各种 Multisim 以前版本的书籍出售，但大多着眼于介绍软件的使用，与教学结合较少。本教材是在借鉴了多方面的宝贵经验，并在切实考察了多个学科教学实际情况的基础上，本着为电子电路教学贡献微薄之力的宗旨，在多方面的努力和帮助之下完成的。本教材除了包含以往各个版本的功能外，还介绍了 Multisim 9 最新增加的一些功能和仪器、分析方法的使用。

本教材阐述了 Multisim 9 的各项主要功能，利用详细的图表和文字说明，指导读者从了解软件本身开始，直到学会建立一个完整电路和进行仿真、分析以及产生报告等操作。从文章总的结构上看，本教材可分为上篇、中篇和下篇三个大部分。

上篇为基础篇，着眼于介绍仿真软件 Multisim 9 的使用。阅读对象不仅包括刚刚开始接触到该软件的初学者，也同样适合有操作 Multisim 软件经验的读者。主要介绍仿真软件 Multisim 9 的操作界面，菜单命令；元器件的调用、编辑；电路图的设计、仿真、分析以及后处理、报告生成、输出等各个环节。另外，鉴于近年兴起的应用 LabVIEW 图形设计软件的强大设计功能形势，本书特意增加了一章 Multisim 9 与 LabVIEW 8 的内容，用于介绍两个软件之间的连接使用。

上篇主要内容有：第 1 章概述；第 2 章 Multisim 9 系统；第 3 章 Multisim 9 的基本操作；第 4 章 Multisim 9 元件库；第 5 章 Multisim 9 仪器仪表的使用；第 6 章 Multisim 9 的基本分析方法；第 7 章 Multisim 9 的后处理功能；第 8 章 Multisim 9 与 LabVIEW 8。

中篇为实战篇，着重于电子电路知识及仿真技术的介绍。本篇通过大量的典型电路仿真实例（特别是传统教学中的难点、重点电路）、电路结果分析、运行结果显示以及相关电路之间结果比较等方法，强化读者对电子电路及计算机仿真技术的掌握。

中篇主要内容有：第 9 章 Multisim 9 在电路分析中的应用；第 10 章 Multisim 9 在模拟电路中的应用；第 11 章 Multisim 9 在集成运放中的应用；第 12 章 Multisim 9 在通信电路中的应用；第 13 章 Multisim 9 在射频电路中的应用；第 14 章 Multisim 9 在数字电路中的应用；第 15 章 Multisim 9 在电子测量中的应用；第 16 章 Multisim 9 在电源电路中的应用。

下篇为提高篇，着重介绍目前主流的单片机、VHDL、Verilog 等在 Multisim 9 中的建模及仿真技术，详细介绍相关软件包的使用方法，并列举大量仿真实例，给读者的学习带来极大的方便。同时还介绍 CommSIM 软件在通信系统仿真中的使用方法，以及制版软件 Ultiboard 9 在电路板设计制作中的使用方法及实际制版过程。

下篇主要内容有:第17章基于Multisim 9的单片机仿真;第18章基于Multisim 9的VHDL仿真;第19章Verilog HDL仿真;第20章CommSIM仿真软件的应用;第21章Ultiboard 9。

教材中还含有大量插图、图表,内容详细,图文并茂,资料翔实,涉及范围广。

本教材由南京解放军理工大学聂典主编,负责第1~4章、第7~8章、第12~13章、第17~20章内容的编写;黄培根和任清褒负责第5~6章、第11章和第21章内容的编写;邱榕负责第9~10章内容的编写;雷军负责第14~16章内容的编写,全书由聂典总策划兼主审。

本教材在编写过程中,得到NI公司授权允许随书提供Multisim 9软件,同时还得到NI公司Arnold Hougham先生、Evan Robinson先生、潘天后老师、陈庆全老师,解放军理工大学朱宁一系主任、贾山松主任、陈晓华教授、刘景夏主任、岳振军主任、关宇主任、闵锐主任、徐勇、邱国防、张生君、黄建军、恽姿等同志的大力协助与支持,谨此向他们表示衷心的感谢!

因时间仓促,作者水平所限,在编写的教材中难免会有错误和疏漏的地方,恳请各位专家和读者批评指正。

本教材附配套光盘一张,内含相关使用软件及本教材中所有仿真实例。

读者在使用本教材及软件过程中遇到各种疑问,可随时与作者联系。联系方式如下:

手机:13851865438 聂典

E-mail: nnnnffnnnnff@sina.com.cn

QQ: 602126676

如需了解更多的Multisim技术资料,欢迎登录“新世纪电子工程实用技术”网站,网址为www.ttlcmos.com。

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 什么是 EDA	1
1.2 EDA 的用处	1
1.3 EWB 与 Multisim	2
第 2 章 Multisim 9 系统	4
2.1 Multisim 9 主窗口	4
2.2 Multisim 9 的菜单栏	4
2.3 Multisim 9 的工具栏	8
2.4 Multisim 9 的元件栏	9
2.5 Multisim 9 的仪表栏	21
2.6 .com 按钮	30
第 3 章 Multisim 9 的基本操作	31
3.1 定制用户界面	31
3.2 元件的操作	37
3.3 导线与连接点的操作	45
3.4 总线的操作	47
3.5 子电路的创建与调用	49
3.6 输入文本	50
3.7 编辑图纸标题栏	52
3.8 一个电路仿真实例	53
第 4 章 Multisim 9 元件库	70
4.1 Multisim 9 元件库及其使用	70
4.2 编辑元器件	114
第 5 章 Multisim 9 仪器仪表的使用	135
5.1 仪器仪表的基本操作	135
5.2  数字万用表	135
5.3  函数信号发生器	137
5.4  功率计	138
5.5  两通道示波器	138
5.6  四通道示波器	140

5.7	 波特图示仪	142
5.8	 频率计数器	143
5.9	 字信号发生器	144
5.10	 逻辑分析仪	146
5.11	 逻辑转换仪	148
5.12	 IV 分析仪	149
5.13	 失真分析仪	150
5.14	 频谱分析仪	152
5.15	 网络分析仪	153
5.16	 安捷伦信号发生器	154
5.17	 安捷伦万用表	156
5.18	 安捷伦示波器	156
5.19	 实时测量探针	158
5.20	 泰克示波器	160
5.21	 Labview 采样仪器	161
第 6 章	Multisim 9 的基本分析方法	162
6.1	Multisim 的分析菜单	162
6.2	直流工作点分析	162
6.3	交流分析	166
6.4	瞬态分析	167
6.5	傅里叶分析	168
6.6	噪声分析	170
6.7	失真分析	173
6.8	直流扫描分析	176
6.9	灵敏度分析	179
6.10	参数扫描分析	181
6.11	温度扫描分析	184
6.12	零-极点分析	185
6.13	传递函数分析	186
6.14	最坏情况分析	187
6.15	蒙特卡罗分析	191
6.16	线宽分析	195
6.17	批处理分析	198
6.18	用户自定义分析	199
6.19	噪声系数分析	202
6.20	射频分析	203
第 7 章	Multisim 9 的后处理功能	204
7.1	Postprocessor 介绍	204

7.2	后处理器的使用	206
7.3	报告的介绍	211
7.4	报告的输出方式	215
第 8 章	Multisim 9 与 LabVIEW 8	218
8.1	Multisim 9 简介	218
8.2	LabVIEW 8 简介	218
8.3	Multisim 9 与 LabVIEW 8 的关系	218
8.4	LabVIEW 采样仪器	220
8.5	创建 Multisim 仪器	223
8.6	创建 LabVIEW 仪器	224
8.7	Multisim 9 中的 NI ELVIS 仿真环境及仿真实例	225
第 9 章	Multisim 9 在电路分析中的应用	229
9.1	电阻元件伏安特性的仿真分析	229
9.2	用 DC Sweep 分析直接测量电阻元件的伏安特性	231
9.3	电容特性的仿真测试	233
9.4	电感特性的仿真测试	234
9.5	LC 串联谐振回路特性的仿真测试	235
9.6	LC 并联回路特性的仿真测试	239
9.7	互感耦合回路的仿真测试	242
9.8	受控源的仿真演示	244
9.9	戴维南和诺顿等效电路的仿真分析	248
9.10	电路节点电压的仿真分析	250
9.11	二阶电路动态变化过程的仿真分析	251
9.12	交流电路参数的仿真测定	257
9.13	三相电路的仿真分析	259
9.14	二端口网络参数的仿真测定	262
第 10 章	Multisim 9 在模拟电路中的应用	265
10.1	测量晶体管特性曲线	265
10.2	晶体管单管放大电路的仿真	267
10.3	多级放大电路	277
10.4	负反馈放大电路	282
10.5	差动放大器电路	290
10.6	低频功率放大器电路	294
第 11 章	Multisim 9 在集成运放中的应用	297
11.1	比例求和运算电路	297
11.2	积分与微分运算电路	299
11.3	对数器	303

11.4	指数运算电路的仿真分析	308
11.5	一阶有源滤波器	309
11.6	二阶有源滤波器	314
11.7	电压比较器	318
第 12 章	Multisim 9 在通信电路中的应用	322
12.1	谐振回路	322
12.2	小信号调谐放大器	325
12.3	高频功率放大器的基本原理	332
12.4	LC 正弦波振荡器的基本原理	335
12.5	石英晶体振荡器的基本原理	344
12.6	非线性电路的分析方法	346
12.7	振幅调制与解调的基本要点	350
12.8	角度调制与解调的基本要点	362
12.9	模拟乘法器混频电路的仿真	367
12.10	锁相环的基本要点	368
第 13 章	Multisim 9 在射频电路中的应用	371
13.1	RF 及 RF 电路	371
13.2	Multisim 9 中的 RF 模块	371
13.3	RF 仿真实例	381
第 14 章	Multisim 9 在数字电路中的应用	383
14.1	门电路的仿真分析	383
14.2	时序逻辑电路的仿真分析	398
14.3	A/D 与 D/A 转换电路的仿真分析	403
14.4	可编程任意波形信号发生器	406
14.5	555 集成定时电路的仿真分析	407
第 15 章	Multisim 9 在电子测量中的应用	411
15.1	Agilent 数字万用表——Agilent 34401A	411
15.2	Agilent 数字示波器——Agilent 54622D	422
15.3	Agilent 函数发生器——Agilent 33120A	429
15.4	泰克示波器——TDS 2024	442
第 16 章	Multisim 9 在电源电路中的应用	444
16.1	单相半波可控整流电路的仿真分析	444
16.2	单相半控桥整流电路的仿真分析	445
16.3	三相桥式整流电路的仿真分析	447
16.4	直流降压斩波变换电路的仿真分析	449
16.5	直流升压斩波变换电路的仿真分析	449

16.6	直流降压—升压斩波变换电路的仿真分析	450
16.7	DC-AC 全桥逆变电路的仿真分析	452
16.8	MOSFET DC-AC 全桥逆变电路的仿真分析	454
16.9	正弦脉宽调制 (SPWM) 逆变电路的仿真分析	456
16.10	SPWM 产生电路的仿真分析	456
16.11	SPWM 逆变电路的仿真分析	458
第 17 章	基于 Multisim 9 的单片机仿真	460
17.1	Multisim 9 的单片机仿真平台	460
17.2	单片机仿真的建立实例	462
第 18 章	基于 Multisim 9 的 VHDL 仿真	473
18.1	Multisim 9 的 VHDL 仿真平台	473
18.2	创建 VHDL 模型的元件	489
第 19 章	Verilog HDL 仿真	511
19.1	Verilog HDL 的仿真平台	511
19.2	软件的使用	512
19.3	创建 Verilog HDL 模型的元件	521
19.4	Verilog HDL 模型元件的仿真	524
第 20 章	CommSIM 仿真软件的应用	526
20.1	CommSIM 概述	526
20.2	CommSIM 工作界面	528
20.3	CommSIM 模块分析	533
20.4	CommSIM 仿真实例设计	538
第 21 章	Ultiboard 9	542
21.1	Ultiboard 9 的特点	542
21.2	Ultiboard 9 的基本功能	543
21.3	Ultiboard 9 设计实例	560
参考文献		567

第 1 章 概 述

1.1 什么是 EDA

EDA 是 Electronic Design Automation 的缩写,即电子设计自动化。电子设计是人们进行电子产品设计、开发和制造过程中十分关键的一步,其核心工作就是电子电路的设计。在电子技术的发展历程中,按计算机辅助技术介入的深度和广度,出现了三种设计方案,或者说是三个发展阶段:第一种方法是所谓传统的设计方法,涉及的电子系统一般较为简单,工作量也不大,从方案的提出、验证、修改到完全定型都采用人工手段完成;第二种方法是所谓的计算机辅助设计(CAD)方法,就是由计算机完成数据处理、模拟评价、设计验证等部分工作,由人和计算机共同完成(或者说是由计算机辅助人完成)设计工作的方法,这种方法是在电子产品由简单向复杂、电子设计工作量由小到大发展过程中产生的;第三种方法是所谓的 EDA 方法,它是在电子产品向更复杂、更高级,向数字化、集成化、微型化和低功耗方向发展过程中逐渐产生并日趋完善的。在这种方法中,设计过程的大部分工作(特别是底层工作)均都计算机自动完成。

第一种设计方法是一种自下而上的设计方法,即首先由设计人员根据自己的经验,利用现有通用元器件,完成各部件电路的设计、搭试、性能指标测试等,然后构建整个系统,最后经调试、测量达到规定的指标。这种方法不但花费大、效率低、周期长,而且基本上只适用于早期较为简单的电子产品的设计,对于比较复杂的电子产品的设计越来越力不从心。

第三种设计方法是一种自上而下的设计方法,它从系统设计入手,先在顶层进行功能划分、行为描述和结构设计,然后在底层进行方案设计与验证、电路设计与 PCB 设计、专用集成电路(ASIC)设计。在这种方法中,除系统设计、功能划分和行为描述外,其余工作由计算机自动完成。这种方法花费少、效率高、周期短、功能强、应用范围广。

可见,EDA 是电子技术发展历程中产生的一种先进的设计方法,是当今电子设计的主流手段和技术潮流,是电子设计人员必须掌握的一门技术。

1.2 EDA 的用处

EDA 所涉及的范围有以下三个方面。

1. 电路(含部件级电路和系统级电路)设计

电路设计主要是指原理电路的设计、PCB 设计、专用集成电路(ASIC)设计、可编辑逻辑器件设计和单片机(MCU)的设计。

2. 电路仿真

电路仿真是利用 EDA 系统工具的模拟功能对电路环境（含电路元器件级测试仪器）和电路过程（从激励到响应的全过程）进行仿真。这个工作对应着传统电子设计的电路搭建和性能测试。由于不需要真实电路环境的介入，因此花费少、效率高，而且结果快捷、准确、形象。正因为如此，电子仿真被许多高校引入到电路实验（含电子电工实验、电路分析实验、模拟电路实验、数字电路实验、电力电路实验等）的辅助教学中，形成虚拟实验和虚拟实验室。在这里，实验环境是虚拟的，即模型化了的实验环境。实验过程也是理想化的模拟过程，没有真实元器件参数的离散和变化，没有仪器精度变化带来的影响等等。总之，一切干扰和影响都被排除了，实验结果反映的是实验的本质过程，因而准确、真实、形象。

3. 系统分析

利用 EDA 技术及工具能对电路进行直流工作点分析、交流分析、瞬态分析、傅里叶分析、噪声分析、噪声图分析、失真分析、直流扫描分析、DC 和 AC 灵敏度分析、参数扫描分析、温度扫描分析、转移函数分析、极点-零点分析、最坏情况分析、蒙特卡罗分析、批处理分析、用户自定义分析、反射频率分析等等。

1.3 EWB 与 Multisim

EWB（Electrical Workbench，虚拟电子工作台）是加拿大 IIT 公司于 20 世纪 80 年代末推出的电子线路仿真软件。该软件可以对模拟、数字、模拟/数字混合电路进行仿真，克服了实验室条件对传统电子设计工作的限制。使用该软件，各种电路的搭建、仿真电路的测量等等均可以轻松完成。

Multisim 是一个完整的设计工具系统，提供了一个庞大的元件数据库，并提供原理图输入接口、全部的数模 SPICE（Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis）仿真功能、VHDL/Verilog 设计接口与仿真功能、FPGA/CPLD 综合、RF 射频设计能力和后处理功能，还可以进行从原理图到 PCB 布线工具包（如：Electronics Workbench 的 Ultiboard）的无缝数据传输。它提供的单一易用的图形输入接口可以满足使用者的设计需求。Multisim 提供全部先进的设计功能，满足使用者从参数到产品的设计要求。因为程序将原理图输入、仿真和可编程逻辑紧密集成，所以使用者可以放心地进行设计工作，不必顾及不同供应商的应用程序之间传递数据时经常出现的问题。

Multisim 9 是美国 NI 公司最近推出的 Multisim 新版本，是该公司电子线路仿真软件的最新版本。目前 NI 公司的 EWB 包含有电子电路仿真设计的模块 Multisim、PCB 设计软件 Ultiboard、布线引擎 Ultiroute 及通信电路分析及设计模块 CommSIM 四个部分，四个部分相互独立，可以分别使用。并且这四个部分又有增强专业版、专业版、个人版、教育版、学生版和演示版等多个版本，各版本的功能和价格有着明显的差异。

Multisim 9 用软件的方法虚拟电子与电工元器件以及电子与电工仪器和仪表，通过软件将元器件和仪器集合为一体。它是一个原理电路设计、电路功能测试的虚拟仿真软件。Multisim 9 的元器件库提供数千种电路元器件供实验选用。同时也可以新建或扩展已有的元器件库，而且建库所需的元器件参数可以从生产厂商的产品使用手册中查到，因此可很方便

地在工程设计中使用。Multisim 9 的虚拟测试仪器/仪表种类齐全,有一般实验用的通用仪器,如万用表、函数信号发生器、双踪示波器、直流电源等等,还有一般实验室少有或者没有的仪器,如波特图仪、数字信号发生器、逻辑分析仪、逻辑转换器、失真仪、安捷伦多用表、安捷伦示波器、泰克示波器等等。Multisim 9 具有较为详细的电路分析功能,可以完成电路的瞬态分析、稳态分析等各种电路分析方法,以帮助设计人员分析电路的性能。它还可以设计、测试和演示各种电子电路,包括电工电路、模拟电路、数字电路、射频电路及部分微机接口电路等。该软件还具有强大的 Help 功能,其 Help 系统不仅包括软件本身的操作指南,更重要的是包含有元器件的功能说明。Help 中这种元器件功能说明有利于使用 Multisim 9 进行 CAI 教学。

利用 Multisim 9 可以实现计算机仿真设计与虚拟实验,与传统的电子电路设计与实验方法相比,具有如下特点:设计与实验可以同步进行,可以边设计边实验,修改调试方便;设计和实验用的元器件及测试仪器仪表齐全,可以完成各种类型的电路设计与实验;可以方便地对电路参数进行测试和分析;可以直接打印输出实验数据、测试参数、曲线和电路原理图;实验中不消耗实际的元器件,实验所需元器件的种类和数量不受限制,实验成本低,实验速度快,效率高;设计和实验成功的电路可以直接在产品中使用。

Multisim 9 易学易用,便于通信工程、电子信息、自动化、电气控制等专业学生学习和进行综合性的设计、实验,有利于培养综合分析能力、开发能力和创新能力。Multisim 同时也适用于从事电子相关行业的人员。

第 2 章 Multisim 9 系统

2.1 Multisim 9 主窗口

安装 Multisim 9 后运行程序，出现 Multisim 9 主界面，如图 2.1 所示。

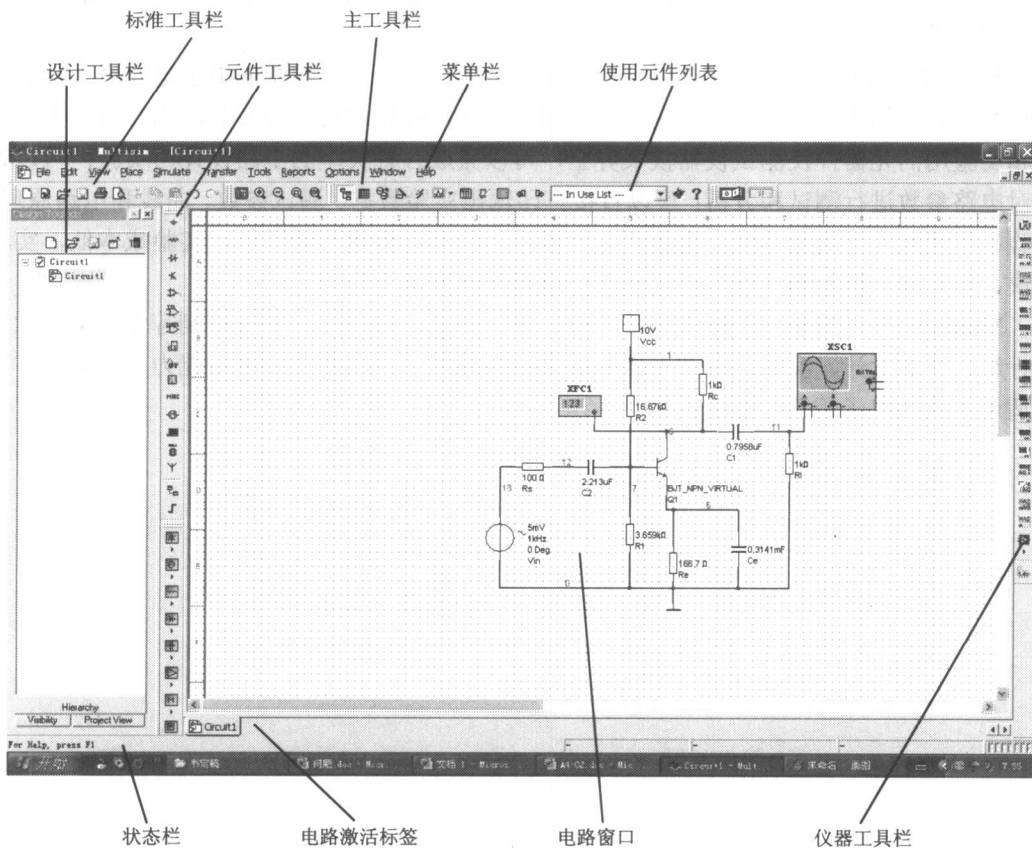


图 2.1 主界面

2.2 Multisim 9 的菜单栏

Multisim 9 的界面与所有的 Windows 应用程序一样，可以在主菜单中找到各个功能的命令。文件操作（File）菜单如图 2.2 所示；编辑操作（Edit）菜单如图 2.3 所示；视图（View）菜单如图 2.4 所示；工具栏（Toolbars）菜单命令列表如图 2.5 所示；Place 菜单如图 2.6 所示；仿真（Simulate）菜单如图 2.7 所示；传递（Transfer）菜单如图 2.8 所示；工具（Tools）菜单如图 2.9 所示；报告（Reports）菜单如图 2.10 所示；设置（Options）菜单如图 2.11 所示；窗口（Window）菜单如图 2.12 所示；帮助（Help）菜单如图 2.13 所示。



图 2.2 文件操作菜单



图 2.3 编辑菜单



图 2.4 视图菜单

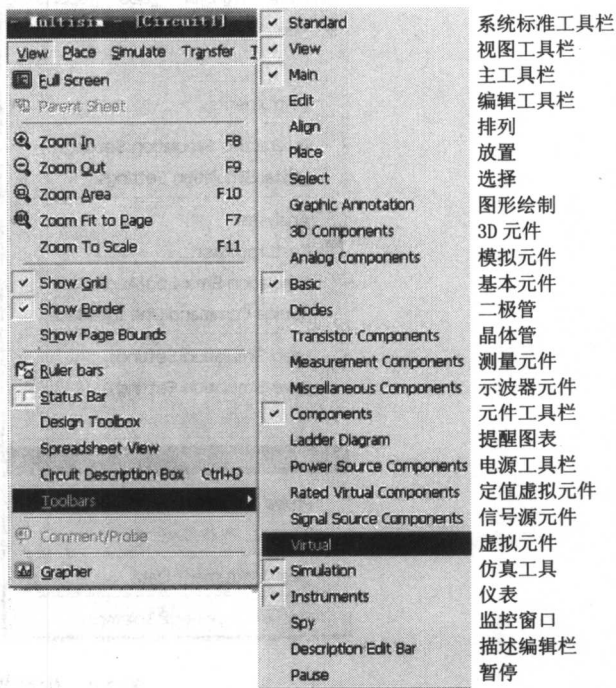


图 2.5 工具栏菜单命令列表

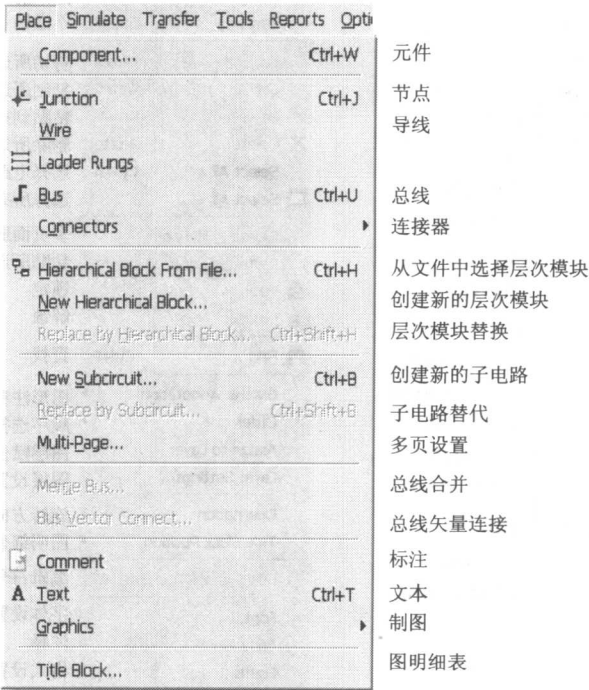


图 2.6 Place 菜单

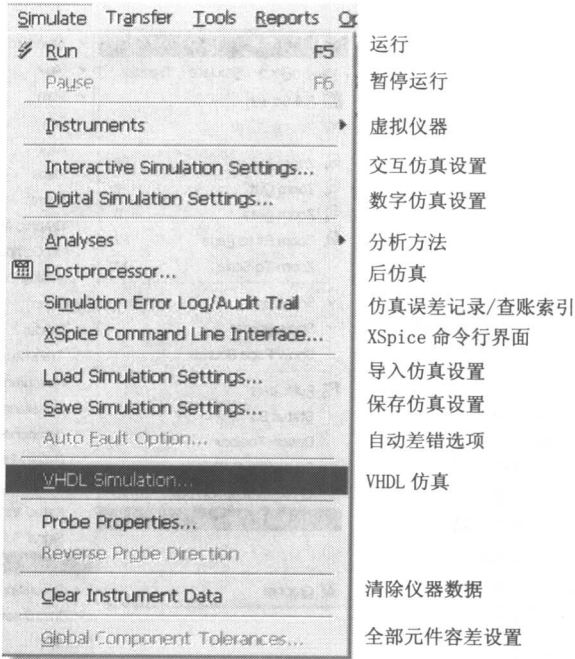


图 2.7 仿真菜单